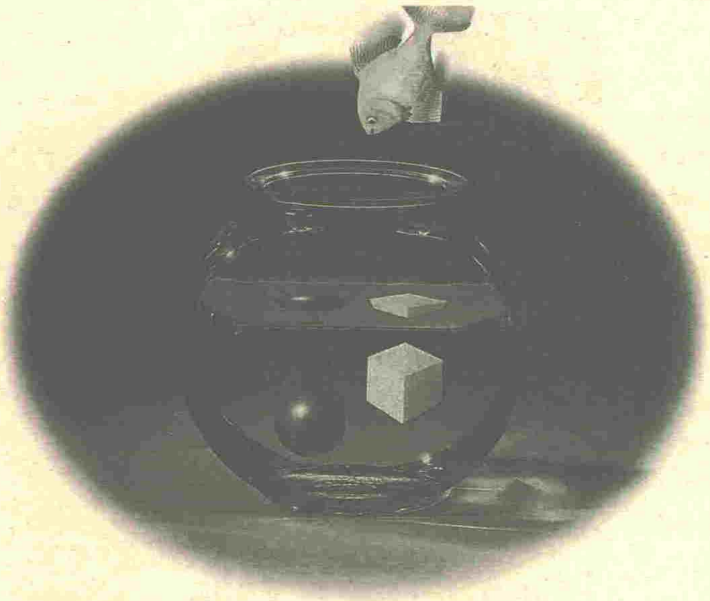
สุทธิศักดิ์ พงศ์ธนาพาณิช

Advanced BASIC Programming Technique

ตอน การสร้าง Fractal Julia Set ด้วย VB/Win



แนะนำให้รู้จักกับ Julia Set ซึ่งใช้สำหรับในการสร้าง Fractal และที่สำคัญยังสามารถสร้างรูปทรงได้หลาย ๆ แบบ โดยไม่ซ้ำกัน

จากตอนที่แล้วผมได้เขียนถึงการสร้าง Mandelbrot Set Fractal แล้วเห็นว่าเซตดังกล่าวสามารถแสดงรูปทรงได้เพียงรูปทรงเดียว เพราะค่าคงที่ C ของสมการเชิงซ้อนที่ใช้สร้าง Mandelbrot Set Fractal นั้นเป็นค่าที่แปรเปลี่ยนไปตามตำแหน่งโคออร์ดิเนตเชิงซ้อนที่แสดงผลแต่ละตำแหน่ง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าของ C จึงเป็นการแปรเปลี่ยนแบบสัมพันธ์อย่างมีรูปแบบที่แน่นอนด้วยอัลกอริทึมนี้เอง จึงทำให้รูปทรงที่ได้ไม่เกิดเปลี่ยนแปลงรูปร่างของ Fractal แต่เพื่อให้ผู้อ่านได้เห็นถึงความสวยงามของ Fractal ที่แตกต่างจากอิมเมจทั่วไป ผมจึงได้เขียนเรื่อง Fractal ต่อในตอนนี้ โดยจะแนะนำให้ผู้อ่านรู้จักกับ Julia Set ซึ่งเป็นเซตที่ใช้สมการเชิงซ้อนเดียวกันกับ Mandelbrot Set ในการสร้าง Fractal เพียงแต่มีอัลกอริทึมในการกำหนดค่าคงที่ C ของสมการเชิงซ้อนที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นจึงทำให้ Fractal ที่ได้จาก Julia Set มีความแตกต่างจากเดิม และที่สำคัญยังสามารถสร้างรูปทรงได้หลาย ๆ แบบที่ไม่ซ้ำกัน ด้วยเหตุนี้เองจึงมีผู้กล่าวว่า "ผู้ที่สร้าง Fractal ด้วยสมการ Julia Set ก็จะเป็นผู้ที่ได้เห็นรูปทรง Fractal นั้น ๆ เป็นคนแรก" ถึงตอนนี้ผู้อ่านอาจจะสงสัยว่า Julia Set สามารถสร้างรูปทรง Fractal ได้ไม่จำกัดใช่หรือไม่ คำตอบจะเป็นอย่างไร ติดตามต่อไปในบทความต่อไปนี้ครับ

ทฤษฎีของ Julia Set Fractal

Julia Set เป็น Fractal ที่ถูกค้นพบหลังจาก Mandelbrot Set โดยนายแกสตัน จูเลีย (Gaston Julia) ซึ่งเป็นนักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ซึ่งแนวคิดพื้นฐานของ Julia Set ก็เหมือนกับแนวคิดของการสร้าง Fractal โดย Mandelbrot Set ดังนั้นสมการคณิตศาสตร์เชิงซ้อนที่ใช้จึงเหมือนกัน (สำหรับผู้อ่านที่ต้องการทราบถึงการคำนวณตัวเลขเชิงซ้อนขั้นพื้นฐาน ให้อ่านได้จากฉบับที่ 123) ดังนี้

$$Z(Next) = Z(Previous)^2 + C$$

หรือถ้าเขียนในรูปแบบการกระจายสมการที่มีการคำนวณซ้ำซ้อน N ครั้ง ก็จะมีขั้นตอนดังนี้

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_0^2 + C \\ Z_2 &= Z_1^2 + C \\ Z_3 &= Z_2^2 + C \\ &\vdots \\ Z_n &= Z_{n-1}^2 + C \end{aligned}$$

แต่ Julia Set ได้มีแนวคิดเกี่ยวกับการกำหนดค่าคงที่ C ที่แตกต่างไปจาก Mandelbrot Set โดยที่ค่าคงที่ C สำหรับสมการเชิงซ้อนของ Julia Set หนึ่ง ๆ จะเป็นค่าคงที่ใด ๆ ที่กำหนดโดยตัวเราเอง และค่าคงที่นี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดขบวนการสร้าง Fractal ด้วยเหตุ

นี้เองจะเห็นได้ว่าถ้าหากเรามีการเปลี่ยนแปลงค่าคงที่ C ของสมการเชิงซ้อนเป็นค่าใด ๆ ที่ไม่ซ้ำกันก็จะได้รูปทรง Fractal ที่ไม่ซ้ำกันนั่นเอง แต่จากการทดลองของผมถ้าหากค่าคงที่ C มีค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนัก เช่น 0.2 + 0.125i และ 0.21 + 0.122i เป็นต้น รูปทรงที่ได้ก็จะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน และจะมีส่วนที่แตกต่างกันก็เฉพาะรายละเอียดของขอบ ๆ รูปทรง Fractal เท่านั้น

สำหรับการตัดสินว่าตำแหน่งโคออร์ดิเนตใดอยู่ในเซตหรือไม่ก็ใช้หลักการเดียวกันกับ Mandelbrot Set โดยดูที่ค่าของโมดูลัส (Modulus) ของ Z สุดท้ายที่ได้จากการคำนวณแบบซ้ำซ้อน (Iteration) ถ้าหากค่าของ Z ไม่เกิน 2 ก็แสดงว่าตำแหน่งโคออร์ดิเนตนั้นอยู่ในเซต แต่ถ้าหากค่าโมดูลัสของ Z ที่ได้มีค่ามากกว่า 2 ก็แสดงว่าตำแหน่งโคออร์ดิเนตนั้นอยู่นอกเหนือจากเซต ซึ่งค่าโมดูลัสของ Z ที่ไม่อยู่ในเซตนี้เองมีความสำคัญมากในการแสดงผลรูปทรง Fractal รูปแบบกราฟิกด้วยคอมพิวเตอร์ ในโปรแกรมตัวอย่างการสร้าง Fractal ของผมได้ใช้ค่าโมดูลัสตัวนี้ในการกำหนดค่าของสีที่จะใช้แสดงผลที่ตำแหน่งโคออร์ดิเนตที่ไม่อยู่ในขอบเขตของเซต โดยในการแสดงสีผมจะใช้สีตั้งแต่ 0 ถึง 15 ในการแสดงผล โดยดูจากจำนวนเท่าของค่าโมดูลัสที่ห่างจากขอบเขตของเซตว่าเป็นเท่าไหร่ ก็ใช้ค่านี้ในการกำหนดสีสำหรับแสดงผล

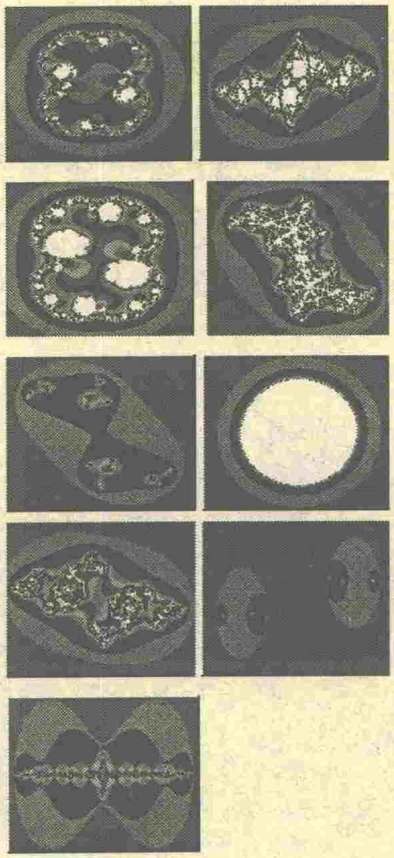
เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจผมขอยกตัวอย่างการคำนวณโคออร์ดิเนตเชิงซ้อน Z = 0.2 + 0.12i โดยกำหนดให้ Julia Set ที่ถูกนิยามด้วยตัวเลขเชิงซ้อน (C) เท่ากับ 0.5 - 0.72i ด้วยสมการข้างต้น เพื่อตรวจสอบดูว่าโคออร์ดิเนตนี้อยู่ในเซตหรือไม่ ซึ่งสมมติว่าจำนวนครั้งในการคำนวณซ้ำซ้อนเท่ากับ 35 ครั้ง ก็จะมีลำดับการคำนวณคร่าว ๆ ดังนี้

$$Z_1 = (0.2 + 0.12i)^2 + (0.5 - 0.72i)$$
$$Z_2 = ((0.2 + 0.12i)^2 + (0.5 - 0.72i))^2 + (0.5 - 0.72i)$$
$$Z_3 = (((0.2 + 0.12i)^2 + (0.5 - 0.72i))^2 + (0.5 - 0.72i))^2 + (0.5 - 0.72i)$$
$$\vdots$$
$$Z_{35} = Z_{34}^2 + (0.5 - 0.72i)$$

สำหรับวิธีการเขียนโปรแกรมคำนวณและแสดงผลรูปทรง Fractal ของเซต Julia ก็ให้ดูจากโปรแกรมตัวอย่างในตอนท้ายของบทความนี้ โดยในโปรแกรมตัวอย่างได้มีตัวอย่างรูปทรง Julia Set ให้เลือกถึง 9 แบบ และรูปที่ 1 ทั้งหมดนี้เป็น Fractal ที่ได้จาก Julia Set ทั้งสิ้น

ตารางที่ 1

Upper Left X (Real)	หมายถึง ค่าในแนวแกนนอนของขอบซ้ายสุด
Upper Left Y (Imaginary)	หมายถึง ค่าในแนวแกนตั้งของขอบบนสุด
Lower Right X (Real)	หมายถึง ค่าในแนวแกนนอนของขอบขวาสุด
Lower Right Y (Imaginary)	หมายถึง ค่าในแนวแกนตั้งของขอบล่างสุด
Iteration	หมายถึง จำนวนครั้งในการทำ Iteration ของแต่ละตำแหน่งเลขเชิงซ้อน
Julia X (Real)	หมายถึง ค่าส่วนจริง (Real Part) ของตัวเลข Julia
Julia Y (Imaginary)	หมายถึง ค่าส่วนจินตภาพ (Imaginary Part) ของตัวเลข Julia



รูปที่ 1
แสดงรูปทรง Fractal ตัวอย่างที่ได้จาก Julia Set

โปรแกรมตัวอย่าง Julia

โปรแกรมตัวอย่างสร้างรูปทรง Fractal จากสมการเชิงซ้อน Julia Set ผมได้ออกแบบฟอร์มมีหน้าตาดังในรูปที่ 2 ซึ่งผมได้ออกแบบฟอร์มให้คล้ายคลึงกับฟอร์มของโปรแกรม Mandel ในฉบับที่ผ่านมา เพื่อให้ผู้อ่านมีความคุ้นเคยและสามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย แต่สำหรับฟอร์ม Julia.Frm มีคอนโทรล Text Box เพิ่มเติมในเฟรมด้านขวาของฟอร์มอีก 2 ตัว เพื่อใช้กำหนดตัวเลขเชิงซ้อน Julia หรือค่า C ในสมการเชิงซ้อนนั่นเอง โดยที่แต่ละ Text Box จะเป็นค่าที่ใช้กำหนดขอบเขตการทำงานของโปรแกรมสร้าง Fractal โดยมีความหมายดังตารางที่ 1

ส่วน Label7 ก็ถูกใช้ในการแสดงตำแหน่งของโคออร์ดิเนตเชิงซ้อนที่กำลังถูกคำนวณในการสร้าง Fractal และสำหรับเฟรมด้านล่างของฟอร์มก็เป็นส่วนที่เพิ่มเติมพิเศษเพื่อให้ผู้อ่านสามารถสร้าง Fractal ได้รวดเร็วขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องสุ่มตัวเลข Julia ขึ้นมา เพราะค่าในคอนโทรล List Box จะเป็นชุดตัวเลขที่ผมได้ทำการทดลองกับคอนโทรล Picture Box ขนาดดังที่ปรากฏในฟอร์มแล้ว สามารถสร้างรูปทรง Fractal ที่แตกต่างกันและสามารถแสดงผลรูปทรงทั้งหมดลงในส่วนแสดงผลภาพอย่างพอดี แต่ถ้าหากผู้อ่านไม่พอใจก็สามารถกำหนดค่าตัวเลขต่าง ๆ เอาเองก็ได้ครับ สุดท้ายก็เป็นส่วนปุ่มคำสั่งต่าง ๆ ในแนวด้านขวาแถวล่างสุดของฟอร์มก็มีหน้าที่ดังตารางที่ 2

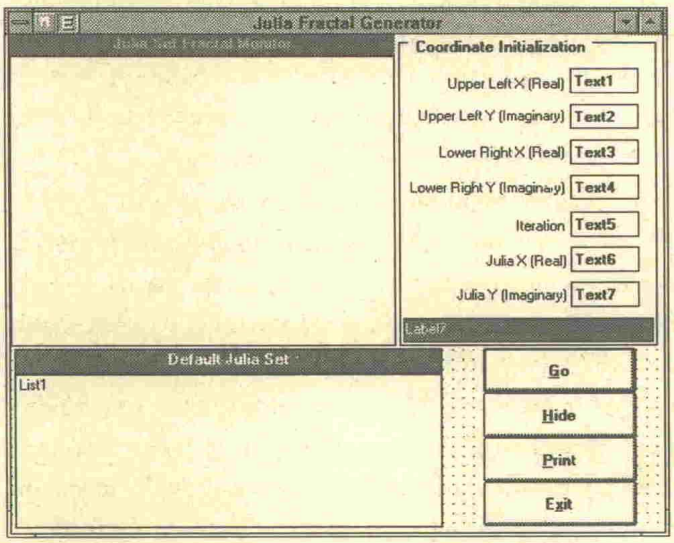
ตารางที่ 2

Go	ทำหน้าที่ วาดรูปทรง Fractal โดยใช้ค่ากำหนดขอบเขตตามที่ได้กำหนดเอาไว้
Hide	ทำหน้าที่ ซ่อนส่วนแสดงผลรูปทรงเอาไว้ในขณะกำลังประมวลผล Fractal ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความเร็วในการประมวลผลและแสดงผลรูปทรง Fractal ให้กับโปรแกรม
Print	ทำหน้าที่ พิมพ์รูปทรง Fractal ใน Picture Control ออกทางเครื่องพิมพ์ (ข้อควรระวังเนื่องจากการทำงานของโค้ดในรูทีนนี้เป็นระบบพิมพ์แบบจุดต่อจุด ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้การทำงานช้ามาก)
Exit	ทำหน้าที่ จบการทำงานของโปรแกรม

การทำงานของโปรแกรม Julia

เมื่อโปรแกรมถูกรันเหตุการณ์ Form_Load ก็จะถูกเรียก ถือได้ว่าเป็นขั้นตอนเริ่มต้นมาตรฐานของ VB/Win ซึ่งภายในก็จะมีการแสดงผลฟอร์มตรงกึ่งกลางของจอภาพและกำหนดค่าดีฟอลต์ให้กับพารามิเตอร์สำหรับการสร้าง Fractal ด้วย Julia Set (ดูรูปที่ 2) โดยการเรียกใช้รูทีน Setdefaultjulia ในกำหนดให้รายการแรกของ List Box ถูกเลือกดังนี้

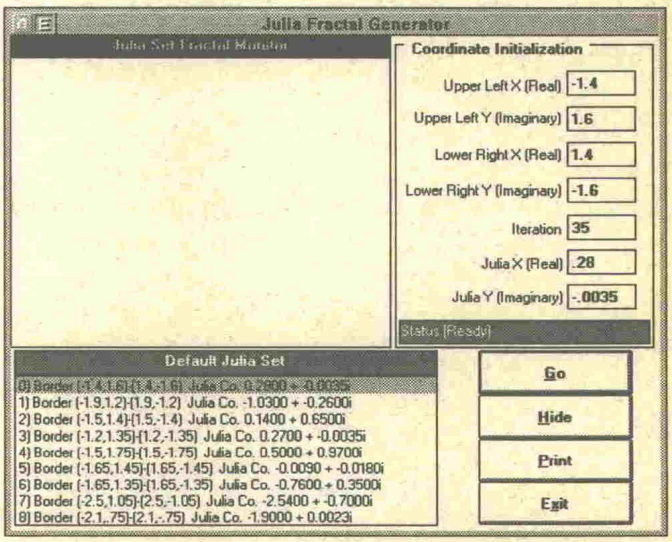
```
Left = (Screen.Width - Width) \ 2
Top = (Screen.Height - Height) \ 2

æ Set And Fill Default Imaginary Coordinate For Julia Sets.
Setdefaultjulia 0, -1.4, 1.6, 1.4, -1.6, .28, -.0035
Setdefaultjulia 1, -1.9, 1.2, 1.9, -1.2, -1.03, -.26
Setdefaultjulia 2, -1.5, 1.4, 1.5, -1.4, .14, .65
Setdefaultjulia 3, -1.2, 1.35, 1.2, -1.35, .27, -.0035
Setdefaultjulia 4, -1.5, 1.75, 1.5, -1.75, .5, .97
Setdefaultjulia 5, -1.65, 1.45, 1.65, -1.45, -.009, -.018
Setdefaultjulia 6, -1.65, 1.35, 1.65, -1.35, -.76, .35
Setdefaultjulia 7, -2.5, 1.05, 2.5, -1.05, -2.54, -.7
Setdefaultjulia 8, -2.1, .75, 2.1, -.75, -1.9, .0023
List1.Listindex = 0
```



รูปที่ 2 แสดงฟอร์ม Form1 (Julia.Frm) ในขณะออกแบบ

หลังจากนั้นฟอร์ม Julia.Frm ก็จะถูกแสดงดังในรูปที่ 3 จะเห็นว่าตัวเลขเชิงซ้อนที่เราเลือกจาก List Box ได้ถูกนำมาใส่ลงใน Text Box ถ้าหากผู้อ่านไม่ต้องการแก้ไขพารามิเตอร์ใด ๆ ก็สามารถสร้างรูปทรง Fractal ได้เลย แต่ถ้าหากผู้อ่านต้องการทดลองสร้างรูปทรง Fractal ใหม่ ๆ ก็ให้แก้ไขค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ใน Text Box และให้โปรแกรมสร้างรูปทรง Fractal โดยการคลิ๊กที่ปุ่มคำสั่ง [Go] จากนั้น VB/Win ก็จะเรียกรูทีนเหตุการณ์ Command1_Click โดยภายในรูทีนนี้ก็จะมีการแก้ไข Caption ของปุ่มคำสั่งเพื่อทำหน้าที่สร้างและแสดงผลรูปทรง Fractal หรือยกเลิกการประมวลผลและแสดงผลรูปทรง Fractal ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

```
If Command1.Caption  = "&Go" Then
    Terminatedflag%  = False
    Command1.Caption = "&Cancel"
    Creatjulia
Else
    Terminatedflag%  = True
    Command1.Caption = "&Go"
End If
```



รูปที่ 3 แสดงฟอร์ม Form1 (Julia.Frm) ในถูกโหลดโดยรูทีน Form_Load

ถ้าหาก Caption เป็น &Go รูปทรง Fractal ก็จะถูกสร้างและแสดงผลโดยรูทีน Creatjulia ซึ่งมีลำดับการทำงานตามอัลกอริทึมของ Julia Set โดยเริ่มต้นที่การอ่านขอบเขตของ Picture Box เพื่อกำหนดขอบเขตการแสดงผล Fractal และจากนั้นก็เป็นการอัพเดตค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จาก Text Box เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไปดังนี้

```
' Find Numbre Of Pixel In Picture Control.
Pixx% = Picture1.Scalewidth
Pixy% = Picture1.Scaleheight

' Calculate Width And Height Of Coordinate.
Realrange = Abs(Val(Text3.Text) - Val(Text1.Text))
Imagrange = Abs(Val(Text4.Text) - Val(Text2.Text))
Deltar = Realrange / Pixx%
Deltai = Imagrange / Pixy%
```

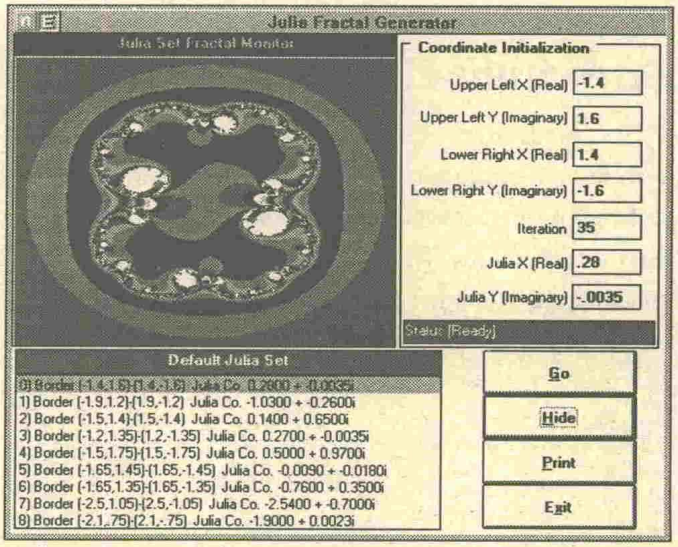
```
    Iternum% = Val(Text5.Text)
    C.A = Val(Text6.Text)
    C.B = Val(Text7.Text)
    Z.A = Val(Text1.Text)
```

ต่อจากนั้นก็เป็นขบวนการหลักของการคำนวณและแสดงผล Fractal ซึ่งลำดับในการคำนวณผมจะเริ่มต้นจากแกน X 1 ถึง Pixx% และในแต่ละตำแหน่งของ X ก็จะคำนวณตามแกน Y ตั้งแต่ 1 ถึง Pixy% โดยที่แต่ละตำแหน่งโคออร์ดิเนตบนระนาบเชิงซ้อนก็จะทำการคำนวณแบบซ้ำซ้อนเท่ากับจำนวนครั้งที่ผู้อ่านกำหนด ซึ่งค่าดังกล่าวจะถูกจัดเก็บลงในตัวแปร Iternum% โดยในการคำนวณแบบซ้ำซ้อนแต่ละครั้งก็จะมีการตรวจสอบค่าโมดูลัสของผลลัพธ์ที่ได้ (Zn) ถ้าหากค่าโมดูลัส () ที่ได้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 ก็แสดงว่าโคออร์ดิเนตนั้นอยู่ในเซต แต่ถ้าหากมีค่ามากกว่า 2 ก็แสดงว่าไม่อยู่ในเซต และถ้าหากโคออร์ดิเนตใดไม่อยู่ในเซตก็ให้พล็อตจุดดังกล่าวลงในส่วนแสดงผลด้วยสีต่าง ๆ ดังนี้

```
 Begin The Main Processing Loop.
For X% = 1 To Pixx%
    If X% Mod 2 Then
       Label7.Caption ="Status [Processing...]"
    Else
       Label7.Caption ="Status [Processing...]"
    End If
    Z.A = Z.A + Deltar
    Z.B = Val(Text2.Text)
   For Y% = 1 To Pixy%
        Doevents
        If Terminatedflag% Then Goto Subterminated
        Z.B = Z.B - Deltai
        Z2 = Z
        Insetflag% = True
        For I% = 1 To Iternum%
            æ Calculate Mandelbrot Set.
            Squarecomplex Z2, Z1
            Addcomplex C, Z1, Zn
            If Moduluscomplex(Zn) > 2 Then
                Insetflag% = False
                Exit For
            End If
            Z2 = Zn
        Next I%
         Show Point If It Out Of Set.
        If Not Insetflag% Then
        Picture1.Pset (X%,Y%),Qbcolor((I% Mod 15)+1)
        End If
    Next Y%
     Refresh The Picture.
    Picture1.Refresh
Next X%

Subterminated:
If Command1.Caption <> "&Go" Then Command1.Value = True
Label7.Caption = "Status [Ready]"
```

จากโปรแกรม Mandel ที่ผมได้เขียนลงในบทความฉบับที่ผ่านมาจะเห็นว่ารูทีน Creatmandelbrot ซึ่งทำหน้าที่คำนวณและสร้าง Fractal ของ Mandelbrot Set ทำงานค่อนข้างช้ามาก ดังนั้นสำหรับโปรแกรม Julia ของบทความตอนนี้ผมจึงได้เพิ่มปุ่มคำสั่ง [Hide] ซึ่งทำหน้าที่ซ่อนหรือแสดง Picture Box ในขณะกำลังแสดงผล Fractal ถ้าหากผู้อ่านต้องการเพิ่มความเร็วในการแสดงผลก็ให้ซ่อน Picture Box ในขณะกำลังคำนวณ ทั้งนี้เพื่อให้วินโดวส์ตัดภาระการทำงานในส่วนแสดงผลออกทางจอภาพก็จะทำให้รูทีนนี้สามารถทำงานได้รวดเร็วยิ่งขึ้นหลายเท่าตัวเลยทีเดียว เมื่อผู้อ่านคลิ๊กปุ่มนี้ก็จะทำให้เกิดการเรียกเหตุการณ์ Command2_Clickซึ่งภายในรูทีนนี้ก็จะมีโค้ดง่าย ๆ ดังนี้

```
If Command2.Caption = "&Hide" Then
        Command2.Caption = "&Show"
        Picture1.Visible = False
Else
        Command2.Caption = "&Hide"
        Picture1.Visible = True
End If
```



รูปที่ 4 แสดง Form1 เมื่อรูปทรง Fractal ของ Julia Set ถูกสร้างเสร็จแล้ว

และถ้าหากผู้อ่านต้องการพิมพ์รูป Fractal ที่วาดเสร็จแล้วออกทางเครื่องพิมพ์ก็ให้กดปุ่ม [Print] (ดูรูปที่ 4) ในบทความตอนที่แล้วผมรับปากว่าจะอธิบายการทำงานของรูทีนนี้ แต่ต้องขออภัยเป็นอย่างสูง เอาไว้ตอนหน้าก็แล้วกันเพราะในตอนหน้าผมจะเสนอเทคนิคการสร้าง Fractal อีกเซตที่ยุ่งยากกว่า Mandelbrot และ Julia ถือว่าเป็นการสิ้นสุดเทคนิคการสร้าง Fractal ก็แล้วกันนะครับ

ในบทความตอนต่อไปก็จะว่าด้วยเรื่องของ Fractal อีกครั้ง ซึ่งเป็นตอนจบของเทคนิคการสร้าง Fractal ด้วย VB/Win โดยในบทความตอนที่ผ่านมาและตอนนี้เราเรียกว่าประเภท Escape-Time To Infinite และสำหรับตอนหน้าก็จะเป็นการสร้าง Fractal ประเภทนี้อีกครั้งแต่สมการที่ใช้สร้างก็จะเป็นสมการของ Sierpinski ซึ่งสมการสำหรับการทำ Iteration ใช้สมการเชิงเส้นที่มีตัวแปรพื้นฐานเป็น X และ Y แต่ตัวฟังก์ชันเองจะมีการปลี่ยนแปลงตามค่าของตัวแปร X และ Y ถึงตอนนี้ผมคิดว่าผู้อ่านคงนึกสนุกขึ้นมาแล้วใช่หรือเปล่าครับ ถ้าใช่ก็ขอให้ติดตามกันต่อไปนะครับ ลืมบอกครับว่าในตอนหน้าผมจะเสนอเทคนิคการเพิ่มความเร็วในการแสดงผลและพิมพ์ภาพ Fractal และรับรองว่าถ้าได้

ทดลองใช้จะพบว่าความเร็วในการทำงานของโปรแกรมจะเร็วขึ้นอีกหลาย ๆ เท่าตัวเลยทีเดียว แต่ก่อนจบบทความผมก็ขอแถมชุดของตัวเลข Julia และขอบเขตสำหรับแสดงผล Fractal ต่าง ๆ ดังในตารางที่ 3 เพื่อให้ผู้อ่านไม่ต้องเสียเวลาในการสุ่มตัวเลขขึ้นมา สำหรับวิธีการสุ่มตัวเลข Julia ขอแนะนำให้ใช้ตัวเลขที่อยู่ในแนวขอบเส้นของ Fractal ที่ได้จาก Mandelbrot Set ทั้งนี้เนื่องจากตัวเลขแนวขอบเส้นของ Fractal ได้จาก Mandelbrot Set ที่ตำแหน่งต่าง ๆ กันก็จะให้ Fractal ของ Julia Set ที่ต่าง ๆ กันด้วย พบกันใหม่ฉบับหน้า สวัสดีครับ

ตารางที่ 3

ขอบเขต	ตัวเลข Julia
(-1.35, 1.55i)-(1.35,- 1.55i)	(0.32,-0.0045i)
(-1.52, 1.32i)-(1.52, -1.32i)	(-0.5052, 0.6251i)
(-1.42, 1.32i)-(1.42, -1.32i)	(-0.0489, 0.9929i)
(-1.375, 1.35i)-(1.375, -1.35i)	(0.3386, 0.4315i)
(-1.38, 1.40i)-(1.38,-1.40i)	(0.3975, 0.3412i)
(-1.38, 1.35i)-(1.38, -1.35i)	(0.27, 0.025i)
(-1.38, 1.34i)-(1.38, -1.34i)	(0.373, -0.1363i)
(-1.36, 1.32i)-(1.36, -1.32i)	(0.4122, -0.2008i)
(-1.65, 1.32i)-(1.65, -1.32i)	(0.2942, -0.4847i)
(-1.72, 1.28i)-(1.72, -1.28i)	(0.1228, -0.6138i)
(-1.85, 1.25i)-(1.85, -1.25i)	(-0.0293, -0.7815i)
(-1.78, 1.28i)-(1.78, -1.28i)	(-0.1667, -1.0332i)

ลิสติง Julia.Mak

```
Julia.Frm
Julia.Bas
Projwinsize=123,-4,248,126
Projwinshow=0
```

ลิสติง Julia.Bas

```
Option Explicit
'
' Project Name  : Julia.Mak
' Program Name  : Julia Set Monitoring Program.
' File Name     : Julia.Frm
' Written By    : Sutthisak Phongthanapanich
'

' Global Constants.
Global Const Default = 0
Global Const Hourglass = 11
Global Const Pixels = 3

Type Complex
    A As Single
    B As Single
End Type

Type Defaultjuliaset
    Aul     As Single
    Bul     As Single
    Alr     As Single
    Blr     As Single
    Ajl     As Single
    Bjl     As Single
End Type

Global Djs() As Defaultjuliaset
```

ลิสติง Julia.Frm

```
Version 2.00
Begin Form Form1
  Autoredraw      =   -1  'True
  Backcolor       =   &H00c0c0c0&
  Borderstyle     =   3  'Fixed Double
  Caption         =   "Julia Fractal Generator"
  Controlbox      =   0   'False
  Height          =   6645
  Icon            =   0
  Left            =   885
  Linktopic       =   "Form1"
  Maxbutton       =   0   'False
  Scaleheight     =   6240
  Scalewidth      =   7650
  Top             =   -225
  Width           =   7770
  Begin Commandbutton Command1
     Caption      =   "&Go"
     Default      =   -1  'True
     Height       =   555
     Left         =   5520
     Tabindex     =   23
     Top          =   3945
     Width        =   1800
  End
  Begin Listbox List1
     Fontbold     =   0   'False
     Height       =   1920
     Left         =   45
     Tabindex     =   21
     Top          =   4260
     Width        =   4995
  End
  Begin Commandbutton Command2
     Caption      =   "&Hide"
     Height       =   555
     Left         =   5520
     Tabindex     =   15
     Top          =   4500
     Width        =   1800
  End
  Begin Commandbutton Command4
     Caption      =   "E&Xit"
     Height       =   555
     Left         =   5520
     Tabindex     =   14
     Top          =   5610
     Width        =   1800
  End
  Begin Commandbutton Command3
     Caption      =   "&Print"
     Height       =   555
     Left         =   5520
     Tabindex     =   13
     Top          =   5055
     Width        =   1800
  End
  Begin Frame Frame1
     Backcolor    =   &H00c0c0c0&
     Caption      =   " Coordinate
Initialization "
     Clipcontrols =   0   'False
     Height       =   3915
     Left         =   4545
     Tabindex     =   1
     Top          =   0
     Width        =   3030
```

ลิสติง Julia.Frm (ต่อ)

```
Begin Textbox Text7
   Height          =   315
   Left            =   2010
   Tabindex        =   19
   Text            =   "Text7"
   Top             =   3120
   Width           =   810
End
Begin Textbox Text6
   Height          =   315
   Left            =   2010
   Tabindex        =   17
   Text            =   "Text6"
   Top             =   2685
   Width           =   810
End
Begin Textbox Text5
   Height          =   315
   Left            =   2010
   Tabindex        =   11
   Text            =   "Text5"
   Top             =   2250
   Width           =   810
End
Begin Textbox Text4
   Height          =   315
   Left            =   2010
   Tabindex        =   9
   Text            =   "Text4"
   Top             =   1785
   Width           =   810
End
Begin Textbox Text3
   Height          =   315
   Left            =   2010
   Tabindex        =   7
   Text            =   "Text3"
   Top             =   1335
   Width           =   810
End
Begin Textbox Text2
   Height          =   315
   Left            =   2010
   Tabindex        =   5
   Text            =   "Text2"
   Top             =   885
   Width           =   810
End
Begin Textbox Text1
   Height          =   315
   Left            =   2010
   Tabindex        =   3
   Text            =   "Text1"
   Top             =   435
   Width           =   810
End
Begin Label Label9
   Autosize        =   -1  'True
   Backstyle       =   0   'Transparent
   Caption         =   "Julia Y (Imaginary)"
   Fontbold        =   0   'False
   Height          =   210
   Left            =   675
   Tabindex        =   20
   Top             =   3165
   Width           =   1275
End
Begin Label Label8
   Autosize        =   -1  'True
   Backstyle       =   0   'Transparent
   Caption         =   "Julia X (Real)"
   Fontbold        =   0   'False
   Height          =   210
   Left            =   1020
   Tabindex        =   18
   Top             =   2745
   Width           =   930
End
Begin Label Label7
   Backcolor       =   &H00808080&
   Borderstyle     =   1   'Fixed Single
   Caption         =   "Label7"
   Fontbold        =   0   'False
   Forecolor       =   &H00ffffff&
   Height          =   300
   Left            =   45
   Tabindex        =   16
   Top             =   3570
   Width           =   2940
End
Begin Label Label5
   Autosize        =   -1  'True
   Backstyle       =   0   'Transparent
   Caption         =   "Iteration"
   Fontbold        =   0   'False
   Height          =   210
   Left            =   1365
   Tabindex        =   10
   Top             =   2310
   Width           =   570
End
Begin Label Label4
   Autosize        =   -1  'True
   Backstyle       =   0   'Transparent
   Caption         =   "Lower Right Y (Imaginary)"
   Fontbold        =   0   'False
   Height          =   210
   Left            =   120
   Tabindex        =   8
   Top             =   1830
   Width           =   1815
End
Begin Label Label3
   Autosize        =   -1  'True
   Backstyle       =   0   'Transparent
   Caption         =   "Lower Right X (Real)"
   Fontbold        =   0   'False
   Height          =   210
   Left            =   465
   Tabindex        =   6
   Top             =   1380
   Width           =   1470
End
Begin Label Label2
   Autosize        =   -1  'True
   Backstyle       =   0   'Transparent
   Caption         =   "Upper Left Y (Imaginary)"
   Fontbold        =   0   'False
   Height          =   210
   Left            =   225
   Tabindex        =   4
   Top             =   915
   Width           =   1710
End
Begin Label Label1
   Autosize        =   -1  'True
   Backstyle       =   0   'Transparent
   Caption         =   "Upper Left X (Real)"
   Fontbold        =   0   'False
   Height          =   210
   Left            =   570
   Tabindex        =   2
   Top             =   510
   Width           =   1365
End
End
Begin Picturebox Picture1
   Autoredraw      =   -1  'True
   Backcolor       =   &H00ffffff&
   Height          =   3645
   Left            =   0
   Scaleheight     =   241
   Scalemode       =   3   'Pixel                    →
```

ลิสติง Julia.Frm (ต่อ)

```
      Scalewidth          =   298
      Tabindex            =   0
      Top                 =   270
      Width               =   4500
   End
   Begin Label Label10
      Alignment           =   2  'Center
      Backcolor           =   &H00808080&
      Borderstyle         =   1  'Fixed Single
      Caption             =   "Default Julia Set"
      Forecolor           =   &H00ffffff&
      Height              =   315
      Left                =   45
      Tabindex            =   22
      Top                 =   3945
      Width               =   4995
   End
   Begin Label Label6
      Alignment           =   2  'Center
      Backcolor           =   &H00ff0000&
      Caption             =   "Julia Set Fractal Monitor"
      Forecolor           =   &H00c0c0c0&
      Height              =   270
      Left                =   0
      Tabindex            =   12
      Top                 =   0
      Width               =   4500
   End
End
Option Explicit
'
' Project Name    : Julia.Mak
' Program Name    : Julia Set Monitoring Program.
' File Name       : Julia.Frm
' Written By      : Sutthisak Phongthanapanich
'

Dim Terminatedflag%

Sub Addcomple (X As Complex, Y As Complex,Z As Complex)

   Z.A = X.A + Y.A
   Z.B = X.B + Y.B

End Sub

Sub Addtolist (Arrindex%)

   Dim A$

      A$ = Arrindex% & ") Border (" &Djs(Arrindex%).Aul & "," & Djs(Arrindex%).Bul & ")"
      A$ = A$ & "-(" & Djs(Arrindex%).Alr & "," & Djs(Arrindex%).Blr & ")  "
      A$ = A$ & "Julia Co. " & Complexformat$(Djs(Arrindex%).Ajl, Djs(Arrindex%).Bjl)
   List1.Additem A$

End Sub

Sub Command1_Click ()

   If Command1.Caption   = "&Go" Then
       Terminatedflag%   = False
       Command1.Caption  = "&Cancel"
       Creatjulia
   Else
       Terminatedflag%   = True
       Command1.Caption  = "&Go"
   End If

End Sub

Sub Command2_Click ()

   If Command2.Caption = "&Hide" Then
       Command2.Caption = "&Show"
```

→

ลิสติง Julia.Frm (ต่อ)

```
        Picture1.Visible = False
    Else
        Command2.Caption = "&Hide"
        Picture1.Visible = True
    End If


End Sub

Sub Command3_Click ()

    ' Declare Local Variables.
    Dim Xrd%, Yrd%, Scrx%, Scry%
    Dim Pelx%, Pely%, Pelc&

    Screen.Mousepointer = Hourglass
    Label7.Caption = "Status [Printing...]"

    ' Declare And Initialize Screen Resolution Variables.
    Scrx% = Screen.Twipsperpixelx
    Scry% = Screen.Twipsperpixely
    ' For Each Row Of Pixels In The Source Bitmap.
    For Yrd% = 0 To (Picture1.Scaleheight - 1)
        Pely% = Picture1.Top + (Yrd% * Scry%)
        ' For Each Pixel In The Current Row Of The Source Bitmap.
        For Xrd% = 0 To (Picture1.Scalewidth - 1)
            Pelx% = Picture1.Left + (Xrd% * Scrx%)
            ' Store The Pixel Color In A Local Variable.
            Pelc& = Picture1.Point(Xrd%, Yrd%)
            ' If The Current Pixel In The Source Bitmap Is White, Skip It
            ' To Improve The Speed Of The Application.
            If Pelc& <> Qbcolor(7) Then
                ' Read Pixel Color In Source Bitmap And Paint
                ' Corresponding Pixel In Target Object
                Printer.Line (Pelx%, Pely%)-Step(Scrx%, Scry%), Pelc&, Bf
            End If
        Next Xrd%
    Next Yrd%
    Printer.Enddoc
    Label7.Caption = "Status [Ready]"
    Screen.Mousepointer = Default

End Sub

Sub Command4_Click ()

    End

End Sub

Function Complexformat$ (Za As Single, Zb As Single)

    Dim Msg$

    Msg$ = Format$(Za, "#0.0000") & " + "
    Msg$ = Msg$ & Format$(Zb, "#0.0000") & "I"

    Complexformat$ = Msg$

End Function

'
' Generates Julia Set According To The Parameters Entered By The User.
'
Sub Creatjulia ()

    Dim Pixx%, Pixy%, X%, Y%, I%
    Dim Iternum%, Insetflag%
    Dim Realrange As Single, Imagrange As Single
    Dim Deltar As Single, Deltai As Single
    Dim C As Complex, Z As Complex, Z1 As Complex, Z2 As Complex, Zn As Complex

    Picture1.Cls
```

→

ลิสติง Julia.Frm (ต่อ)

```
        ' Find Numbre Of Pixel In Picture Control.
        Pixx% = Picture1.Scalewidth
        Pixy% = Picture1.Scaleheight

        ' Calculate Width And Height Of Coordinate.
        Realrange = Abs(Val(Text3.Text) - Val(Text1.Text))
        Imagrange = Abs(Val(Text4.Text) - Val(Text2.Text))
        Deltar = Realrange / Pixx%
        Deltai = Imagrange / Pixy%

        Iternum% = Val(Text5.Text)
        C.A = Val(Text6.Text)
        C.B = Val(Text7.Text)
        Z.A = Val(Text1.Text)

        ' Begin The Main Processing Loop.
        For X% = 1 To Pixx%
            If X% Mod 2 Then
                Label7.Caption = "Status [Processing...]"
            Else
                Label7.Caption = "Status [Processing   ...]"
            End If
            Z.A = Z.A + Deltar
            Z.B = Val(Text2.Text)
           For Y% = 1 To Pixy%
                'Form1.Mousepointer = Hourglass
                Doevents
                If Terminatedflag% Then Goto Subterminated
                Z.B = Z.B - Deltai
                Z2 = Z
                Insetflag% = True
                'Label7.Caption = "Status [Processing " & Complexformat$(Z.A, Z.B) & " ...]"
                For I% = 1 To Iternum%
                    ' Calculate Mandelbrot Set.
                    Squarecomplex Z2, Z1
                    Addcomplex C, Z1, Zn
                    If Moduluscomplex(Zn) > 2 Then
                        Insetflag% = False
                        Exit For
                    End If
                    Z2 = Zn
                Next I%
                'Form1.Mousepointer = Default
                ' Show Point If It Out Of Set.
                If Not Insetflag% Then
                    Picture1.Pset (X%, Y%), Qbcolor((I% Mod 15) + 1)
                End If
            Next Y%
            ' Refresh The Picture.
            Picture1.Refresh
        Next X%

    Subterminated:
        If Command1.Caption <> "&Go" Then Command1.Value = True
        Label7.Caption = "Status [Ready]"

    End Sub

    Sub Form_Load ()

        Redim Djs(0 To 8) As Defaultjuliaset

        Left = (Screen.Width - Width) \ 2
        Top = (Screen.Height - Height) \ 2

        ' Set And Fill Default Imaginary Coordinate For Julia Sets.
        Setdefaultjulia 0, -1.4, 1.6, 1.4, -1.6, .28, -.0035
        Setdefaultjulia 1, -1.9, 1.2, 1.9, -1.2, -1.03, -.26
        Setdefaultjulia 2, -1.5, 1.4, 1.5, -1.4, .14, .65
        Setdefaultjulia 3, -1.2, 1.35, 1.2, -1.35, .27, -.0035
        Setdefaultjulia 4, -1.5, 1.75, 1.5, -1.75, .5, .97
        Setdefaultjulia 5, -1.65, 1.45, 1.65, -1.45, -.009, -.018
        Setdefaultjulia 6, -1.65, 1.35, 1.65, -1.35, -.76, .35
        Setdefaultjulia 7, -2.5, 1.05, 2.5, -1.05, -2.54, -.7
        Setdefaultjulia 8, -2.1, .75, 2.1, -.75, -1.9, .0023
```

→

ลิสติง Julia.Frm (ต่อ)

```
    List1.Listindex = 0

    Label7.Caption = "Status [Ready]"

End Sub

Sub List1_Click ()

    Dim Arrindex%

    Arrindex% = List1.Listindex
    ' Julia Sets.
      Text1.Text  = Djs(Arrindex%).Aul
      Text2.Text  = Djs(Arrindex%).Bul
      Text3.Text  = Djs(Arrindex%).Alr
      Text4.Text  = Djs(Arrindex%).Blr
      Text5.Text  = 35
      Text6.Text  = Djs(Arrindex%).Ajl
      Text7.Text  = Djs(Arrindex%).Bjl

End Sub

Sub List1_Dblclick ()

    Command1.Value = True

End Sub

Function Moduluscomplex (X As Complex) As Single

    Moduluscomplex = Sqr(X.A * X.A + X.B * X.B)

End Function

Sub Setdefaultjulia (Arrindex%, Aul As Single, Bul As Single, Alr As Single,
Blr As Single, Ajl As Single, Bjl As Single)

    Djs(Arrindex%).Aul  = Aul: Djs(Arrindex%).Bul = Bul
    Djs(Arrindex%).Alr  = Alr: Djs(Arrindex%).Blr = Blr
    Djs(Arrindex%).Ajl  = Ajl: Djs(Arrindex%).Bjl = Bjl
    ' Add To List Box.
    Addtolist Arrindex%

End Sub

Sub Squarecomplex (X As Complex, Z As Complex)

    Z.A     = (X.A * X.A) - (X.B * X.B)
    Z.B     = 2 * X.A * X.B

End Sub
```